

# マクロ指標を用いた水需要予測モデルの開発と 将来の水資源需給に関する考察

Development of water demand forecasting model using macro indices and discussion on future water resources

指導教員 町村尚准教授・地球循環共生工学領域

28H11076 森祐樹(Yuki MORI)

**Abstract:** Managing water resources which is a basis of biomass production is crucially important for sustainable utilization of ecosystem services and food security. This paper aims to construct water demand forecasting model using macro indices in Japan and to analyze the impact of food self-sufficiency ratio improvement on water resources and land resources balances. The result showed that in the BAU scenario, water demand will decrease from 82 billion [ $m^3 yr^{-1}$ ] in 2010 to 54 billion [ $m^3 yr^{-1}$ ] in 2050. In the improved food self-sufficiency (FSS) scenario, water demand will decrease to 76.5 billion [ $m^3 yr^{-1}$ ] in 2050 and cropland area will increase from 3.24 million [ha] in 2010 to 5.98 million [ha] in 2050. In Japan, the amount of available water resources is 410 billion [ $m^3 yr^{-1}$ ] and the amount of agricultural land area is 4.4 million [ha]. Here, the availability of agricultural land area is found to be more restricted than the availability of water resources.

**Keywords:** water demand forecasting model, macro indices, biomass production, supply-demand balance

## 1. はじめに

生態系サービスの持続的利用や食料安全保障においては、バイオマス生産の基盤となる水資源の管理が極めて重要となる。水資源に関しては、国外から流入する様々な物質の背後にはバーチャルウォーターのような形態での水資源消費が伴っており、バイオマス供給生態系サービスの持続利用のためには、バイオマスの物質そのものだけでなく、その生産基盤となる水資源の適正管理を考慮する必要がある。そこで本研究では、日本におけるバイオマス供給生態系サービスの需要とそのサービスの供給に伴う水需要をマクロ指標により予測できるモデルを構築し、その生産において最も水を消費するバイオマスである食料の自給率変化がどのように水資源・土地資源需要に影響を与えるかを分析することを目的とする。

## 2. 水需要予測モデルの構築

### 2. 1 水需要予測モデルの概要

本研究では、まず必要な水利用形態・用途を「日本の水資源」<sup>1)</sup>で定義される生活用水・工業用水・農業用水と設定した。次にこれらの水を利用する活動主体であるコンパートメントをバイオマスマ唯一に考慮して家庭・商業施設、紙バイオマス変換産業、食料品バイオマス変換産業、バイオマス消費産業、農業の5つに分類した。そして、コンパートメントごとに水需要を誘発するドライバおよびモデルパラメータについての応答関数を構築した。ここではドライバとしてバイオマス生産に影響を与えるマクロ指標である総人口、高齢化率、国内総生産、カロリーベース食料自給率、1人1日当たり摂取カロリーを設定し、モデルパラメータについては、水需要の変動に関連する各種の水消費原単位や構成比率、消費量等をドライバに応答させた。最終的な水需要予測モデル構造の概要を表1に示す。

表1 水需要予測モデル構造の概要

コンパートメント名	ドライバ	サブモデル	水需要形態
家庭・商業施設	総人口、国民総生産	1人当たり生活用水モデル	家庭用水、都市活動用水
紙バイオマス変換産業	総人口、高齢化率、国民総生産	紙生産水消費モデル	パルプ洗浄水
食料品バイオマス変換産業	総人口	食料品生産水消費原単位	食料品処理・洗浄・冷却・温調用水
バイオマス消費産業	総人口、国民総生産	製造業水消費モデル	各種工業製品製造用水
農業	総人口、国民総生産 食料自給率、1人1日当たり摂取カロリー	動物性食品摂取カロリーモデル 食料・飼料自給率モデル	かんがい用水

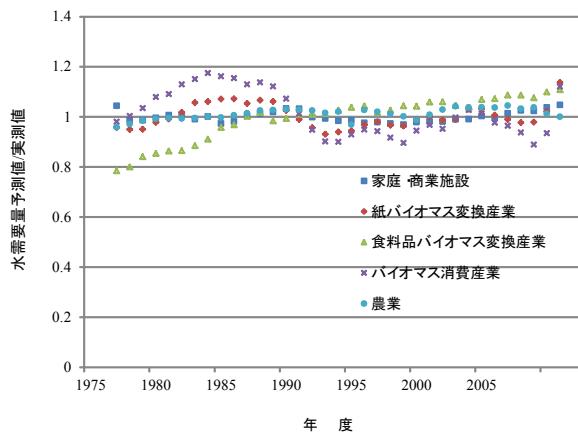


図 1 各コンパートメントの水需要量の実測値と予測値の比較によるバリデーションの結果

## 2.1 シナリオ設定

シナリオアプローチによってドライバの様々な変化を設計してモデルに入力することで、将来の水需要を予測した。ここで BAU シナリオは、ドライバに用いたマクロ指標が現状と同じ傾向で推移すると仮定し、比較対象として 2050 年にカロリーベース食料自給率が 100%になることを想定した FSS シナリオを設定した。これらそれぞれのシナリオ下でコンパートメント別の水需要と耕地面積需要の推移を予測し、どのコンパートメントで水需要が食料自給率に応答するか、また将来の水資源や土地資源の需給バランスが保たれるかの評価を行った。

## 3. 結果・考察

本研究で開発した水需要予測モデルの妥当性を検証するため、各コンパートメントの水需要量予測値と統計資料<sup>1)</sup>の実測値を比較した(図 1)である。予測値は実測値±20%の範囲で、総水需要は概ね一致した。図 2 では FSS シナリオでの水需要と耕地面積需要の予測値を示す。BAU シナリオでは総水需要は 2010 年から 2050 年で 820[億 m<sup>3</sup>年<sup>-1</sup>]から 540[億 m<sup>3</sup>年<sup>-1</sup>]と約 3 分の 2 に減少したが、FSS シナリオでは総水需要は 2015 年まで漸増傾向、その後は減少傾向となり、2050 年では 765[億 m<sup>3</sup>年<sup>-1</sup>]と BAU シナリオの 1.4 倍の水需要が予測された。また図 3 は耕地面積需要の予測値を表し、FSS シナリオでは 2010 年の耕地面積 324[万 ha]から 2050 年では 598[万 ha]と約 1.8 倍拡大することが予測された。現状で日本が有する水資源賦存量は 4,100[億 m<sup>3</sup>年<sup>-1</sup>]、耕地面積は 440[万 ha]であることを考慮すると、水資源と比較して土地資源がより制約的となると考えられる。

## 4. 今後の課題

本研究では、食料自給率(カロリーベース)を過去の食料自給率データから線形近似して推計を行っているが、バイオマス作物との競合による農作物の国際的な価格動向や作況指数により食料自給率は大きく左右されるため、食料自給率の予測を精緻化することが今後の課題に挙げられる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省水管理国土保全局水資源部：「日本の水資源」、国土交通省ホームページ、<<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/hakusyo/index5.html>>、(2013.2 参照)。
- 2) 三宅基文、沖大幹、虫明功臣：日本を中心とした仮想水の輸出入、土木学会第 57 回年次学術講演会講演集、pp.487-488, 2002.

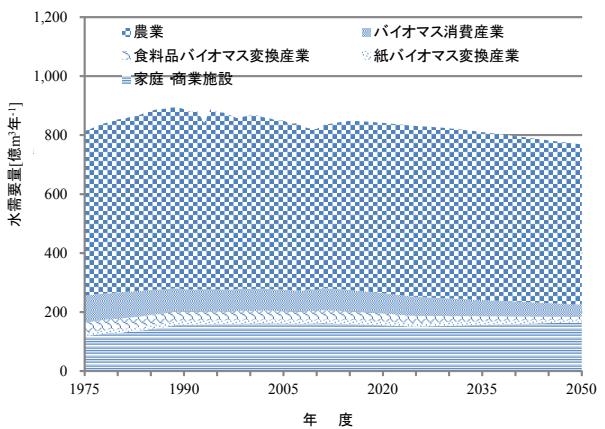


図 2 FSS シナリオでの水需要の予測値

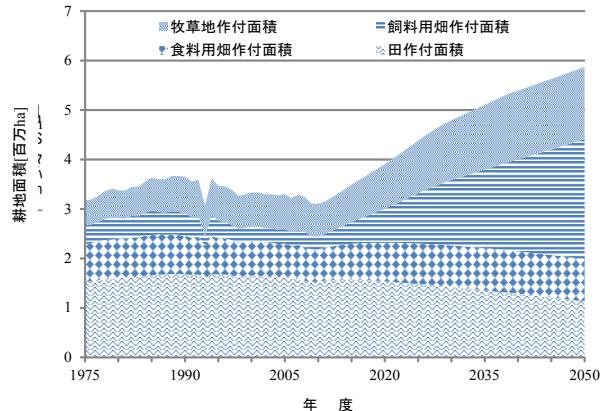


図 3 FSS シナリオでの耕地面積需要の予測値